

Effect of Fiber Volume Fraction with Epoxy Matrix on Mendong Fiber Composite Material

Gugun Gundara^{1*}, Dikri Saepul Robani², Aceng Sambas³
Teknik Mesin, Universitas Muhammadiyah Tasikmalaya, Indonesia

ABSTRACT: A composite material is a material that is a mixture of two or more macroscopically mixed materials, so the properties of its forming material are still clearly visible. In this study, the type of fiber used was the natural fiber of mendong. This mendong fiber is made into a composite material using the Hand Lay-up method with four variations in fiber volume, namely (30%, 40%, 50%, and 60%). The fiber binding material (matrix) used is Epoxy. This study aims to determine the characteristics of jack fibers in jack fiber composite materials with an epoxy matrix against tensile strength and modulus etalciticity. Tensile testing refers to the ASTM D 638 Standard. To find out the type of fault from the tensile test results, macro photos are used and find out the shape of the fault and the failure pattern that occurs in composite specimens. From the test results, it is clear that the difference in the composite material of mendong fiber using Epoxy, that with a fiber volume fraction of 60% greater mechanical properties.

Keywords: epoxy, volume fraction, composite, matrix, jack fiber

Corresponding Author: mesin.irama@gmail.com

Pengaruh Fraksi Volume Serat Dengan Matriks Epoxy Pada Material Komposit Serat Mendong

Gugun Gundara^{1*}, Dikri Saepul Robani², Aceng Sambas³
Teknik Mesin, Universitas Muhammadiyah Tasikmalaya, Indonesia

ABSTRAK: Material komposit adalah material yang merupakan campuran dari dua bahan atau lebih yang dicampur secara makroskopis, sehingga sifat-sifat bahan pembentukannya masih terlihat jelas. Dalam penelitian ini, jenis serat yang digunakan adalah serat alam mendong. Serat mendong ini dibuat menjadi material komposit menggunakan metode *Hand Lay-up* dengan empat variasi volume serat, yaitu (30%, 40%, 50%, dan 60%). Bahan pengikat serat (*matriks*) yang digunakan adalah *Epoxy*. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui karakteristik serat mendong pada material komposit serat mendong dengan *matriks Epoxy* terhadap kekuatan tarik dan modulus elastisitas. Pengujian tarik merujuk pada Standart ASTM D 638. Untuk mengetahui jenis patahan hasil uji tarik digunakan foto makro serta mengetahui bentuk patahan dan pola kegagalan yang terjadi pada spesimen komposit. Dari hasil pengujian terlihat jelas perbedaan pada material komposit serat mendong dengan menggunakan *Epoxy*, bahwa dengan fraksi volume serat 60% lebih besar sifat mekaniknya.

Kata Kunci: epoxy, fraksi volume, komposit, matriks, serat mendong

Submitted: 11 July; Revised: 21 July; Accepted: 26 July

Corresponding Author: mesin.irama@gmail.com

PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi material telah melahirkan suatu material jenis baru yang merupakan perpaduan antara dua material atau lebih yang mempunyai sifat-sifat yang berbeda. Material inilah yang disebut material komposit terdiri atas beberapa penyusun, salah satunya adalah serat. Serat dapat digolongkan dalam dua jenis yaitu: serat sintetis dan serat alam. Serat sintetis adalah serat buatan dimana dibuat dari campuran bahan kimia atau membutuhkan teknologi khusus. Sedangkan serat alam adalah serat yang diperoleh di alam sekitar kita yang berasal dari tumbuh-tumbuhan, hewan dan mineral. Serat yang berasal dari tumbuhan adalah serat pelepah pisang, serat nanas, serat rami, serat ampas tebu dan lain-lain. Serat yang berasal dari hewan adalah bulu domba, kulit, dan sutera. Serat yang berasal dari mineral adalah serat yang terbuat dari kuarsa, contohnya seperti *fiberglass*.

Perkembangan komposit saat ini sudah mulai mengarah pada pemanfaatan komposit sebagai panel sekaligus struktur utama dari suatu komponen tertentu. Bahan komposit tidak hanya digunakan dalam bidang transportasi saja tetapi juga sudah digunakan dalam rekayasa industri. Hal ini disebabkan oleh adanya keuntungan-keuntungan yang lebih besar atas penggunaan bahan komposit, seperti konstruksi ringan, kuat dan tidak terpengaruh oleh korosi.

Tanaman mendong adalah tanaman yang tumbuh di area irigasi yang baik. Tanaman ini hampir banyak ditemui di berbagai daerah Indonesia. Mendong merupakan bahan dasar yang digunakan untuk membuat bahan kerajinan anyaman seperti tikar, tas, hiasan dinding, dan lain-lain. Serat mendong ialah merupakan salah satu jenis rumput yang hidup di rawa-rawa. Beberapa percobaan atau eksperimen sangat dibutuhkan untuk mengetahui pengaruh fraksi volume serat terhadap kekuatan dan kekakuan material komposit serat mendong tersebut. Serat mendong memiliki karakteristik yang cukup kuat sehingga dapat dijadikan sebagai serat penguat dalam matriks polimer. Serat mendong memungkinkan untuk dieksplorasi lebih lanjut berkaitan dengan interaksi psikokimia serat dalam kaitannya dengan adesi *interface* dengan matriksnya.

Adapun dasar pertimbangan dalam pelaksanaan penelitian ini adalah untuk memaksimalkan pemanfaatan serat mendong serta dapat memberikan pemasukan secara ekonomi (*income*) bagi masyarakat. Penerapan serat abaca secara spesifik pembuatan komposit menggunakan penguat serat mendong dan jenis pengikat yang digunakan adalah resin *polyester*. Sedangkan tujuan utama penelitian ini adalah untuk : a). Untuk mengetahui kekuatan Tarik komposit yang paling optimal pada fraksi volume serat 30%, 40%, 50 dan 60% dengan perlakuan alkali selama 2 jam dan arah serat 0°. b). Menganalisis jenis patahan pengujian tarik melalui foto makro dan c). Mengetahui komparasi dengan hasil penelitian sebelumnya.

TINJAUAN PUSTAKA

Material Komposit

Material komposit adalah suatu material yang terbentuk dari kombinasi antara dua atau lebih material pembentukannya melalui pencampuran yang tidak homogen, dimana sifat mekanik dari masing-masing material pembentukannya berbeda-beda. Dari pencampuran tersebut akan dihasilkan material komposit yang mempunyai sifat mekanik dan karakteristik yang berbeda dari material pembentukannya (Dhony Catur Pamungkas, 2017).

Matriks

Matriks pada perpaduan komposit berfungsi untuk mendistribusikan beban. Sifat mekanisnya biasanya ulet (*ductile*). Sedangkan bahan penguat berfungsi untuk menahan beban mekanik yang diterima oleh material komposit. Sifat bahan penguat biasanya kaku dan tangguh. Faktor yang mempengaruhi performa komposit serat yaitu jenis serat, bentuk serat, dan panjang serat (Gibson, 1994).

Menurut Ellyawan dalam (Roziqin et al., 2017) matriks yang digunakan pada komposit harus bersifat *compatible* dengan seratnya dimana harus memperkuat sifat mekanik serta mudah ditangani. Sifat material komposit sangat dipengaruhi dari matriks yang mengikat serat, karena formulasi resin yang dipilih akan menentukan siklus polimerisasi (*Curing*).

Kemampuan suatu matriks (resin) pada komposit dituntut sebagai kompleks karena harus memenuhi syarat sebagai berikut:

1. Menggabungkan atau memberikan daya ikat antara serat (*fiber*)
2. Mendistribusikan beban antara serat
3. Melindungi serat (*fiber*) dari pengaruh lingkungan seperti gaya gesek dan kelembapan
4. Memberikan kekakuan pada arah tegak lurus serat (*fiber*)

Resin thermosetting adalah suatu polymer yang apabila dipanaskan akan mengeras dan tidak dapat dibentuk kembali. Matriks jenis ini dapat digunakan pada industri komposit karena bersifat reaktif. Matriks ini dapat menyatu dengan serat menjadi bentuk yang kompleks dan mempunyai kekuatan yang tinggi (*High Strength*) kekakuan yang tinggi (*High Stiffness*). Resin ini tidak dapat diproses ulang setelah terpolimerisasi (*cure*), karena molekulnya sulit terurai kembali walaupun dipanaskan (*irreversible*). Contohnya resin Epoxy, Polyester, phenolic dan lain-lain.

Resin *Epoxy* adalah material berbentuk cairan, yang mampu berbentuk padat dan stabil melalui penambahan *hardener* (katalis) yang tepat. *Epoxy* adalah salah satu jenis resin thermosetting dan terbaik, berbagai jenis komposit terutama untuk aplikasi pesawat terbang (terutama interior).

Serat Mendong

Serat alami berbasis selulosa telah digunakan sebagai penguat pada komposit termoplastik maupun termoset dan mampu memperbaiki sifat mekanis dibandingkan tanpa adanya serat. Serat alami seperti jute, daun nenas, sisal, rami, kenaf, sabut, dan abaka telah digunakan untuk

menggantikan serat anorganik (gelas, aramid dan karbon) dalam komposit bertulang (Bachtiar, Sapuan, & Hamdan, 2008). Keunggulan dari komposit serat alami dibandingkan komposit dengan penguat serat *glass* dan karbon adalah harga murah, densitas rendah, mudah dipisahkan, kemampuan biodegradasi dan dapat diperbaharui (Li, Tabil, & Panigrahi, 2007) (Mu, Wei, & Fang, 2009). Tanaman Mendong (*Fimbristylis globulosa*) merupakan salah jenis rumput, satu famili dari *Cyperacea*, termasuk tanaman yang tumbuh dilahan basah, di daerah yang berlumpur dan memiliki air yang cukup, dan biasanya tumbuh dengan panjang lebih kurang 100 cm. Secara tradisional tanaman mendong telah digunakan sejak lama oleh masyarakat sekitar, biasanya diolah penduduk digunakan sebagai tikar dan tali serat mendong sehingga secara ekonomis, mendong potensial untuk dibudidayakan lebih intensif.

METODOLOGI

Penelitian ini menggunakan metode eksperimen, yaitu suatu cara untuk mencari hubungan sebab akibat antara dua faktor yang berpengaruh.

Bahan yang Digunakan

Bahan-bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah resin *epoxy*, serat mendong, katalis dan *mirror glaze* yang berfungsi sebagai pelapis antara cetakan dengan komposit sehingga komposit dapat dilepas dengan mudah dari cetakan.

Alat yang Digunakan

Alat-alat yang digunakan dalam penelitian antara lain: Timbangan digital untuk mengukur masa pada resin. Cetakan bahan kaca digunakan supaya permukaan menjadi rata. Untuk mengukur volume dituangkan kedalam gelas ukur. Setelah dilakukan pengukuran dengan jangka sorong dan berat dengan timbangan selanjutnya di lakukan pengujian Tarik menggunakan universal testing machine.

Perbandingan Fraksi Volume

Tabel 1. Spesimen Uji Perbandingan Fraksi Volume Spesimen Uji Adalah:

Matriks (%)	Serat (%)
70	30
60	40
50	50
40	60

Prosedur Penelitian

Prosedur penelitian terbagi menjadi 4 (empat) tahap yaitu:

1. Persiapan serat.
2. Pencetakan komposit dan pressing.
3. Post-curing dan finishing spesimen uji.
4. Pengujian dan pengolahan data.

Pencetakan Komposit dan Pressing

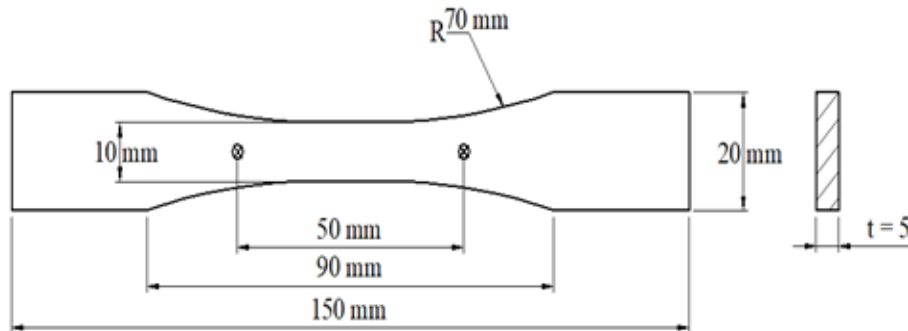
Proses pembuatan material komposit berpengaruh dalam hasil pembuatannya. Penelitian (Saidah Andi dkk, 2018) void atau gelembung udara pada pembuatan

material komposit selalu ada, untuk itu sebisa mungkin meminimalisir kadar void di dalam material komposit. Pembuatan komposit pada penelitian ini menggunakan Proses pembuatan komposit dilakukan dengan metode hand lay-up. Langkah-langkahnya adalah sebagai berikut:

- a. Cetakan kaca yang telah dibentuk dibersihkan, kemudian lapisan permukaannya dengan mirror glaze secara merata agar komposit tidak menempel pada cetakan.
- b. Membuat campuran resin dengan katalis 2% dari berat resinnya, kemudian diaduk secara merata dan didiamkan selama 5 menit agar gelembung udara yang terkandung di campuran terlepas.
- c. Tuangkan campuran resin ke permukaan cetakan hingga merata.
- d. Selanjutnya masukkan serat (arah serat kontinu) di atasnya sesuai perbandingan volume yang telah ditentukan dengan mencampurkan resin di atasnya hingga penuh cetakan.
- e. Letakkan kaca di atasnya agar permukaan komposit menjadi rata, kemudian beri beban di atasnya supaya void nya keluar.
- f. Biarkan hingga mengering selama ± 1 jam, kemudian komposit dikeluarkan dari cetakan.
- g. Ulangi langkah diatas untuk mendapatkan komposisi komposit yang diinginkan

Adapun standar yang digunakan untuk spesimen yaitu :

- a. Uji tarik menggunakan standar ASTM D 638



Gambar 1. Geometri Spesimen Uji Tarik

- b. Jumlah Spesimen Uji

Tabel 2. Jumlah Spesimen Uji Dapat Dilihat Pada Table Dibawah Ini

No	Jenis Pengujian	Komposisi Serat Mendong			
		30 %	40 %	50 %	60 %
1	Uji Tarik	4	4	4	4
	Jumlah	4	4	4	4

Pengujian dan Pengolahan Data

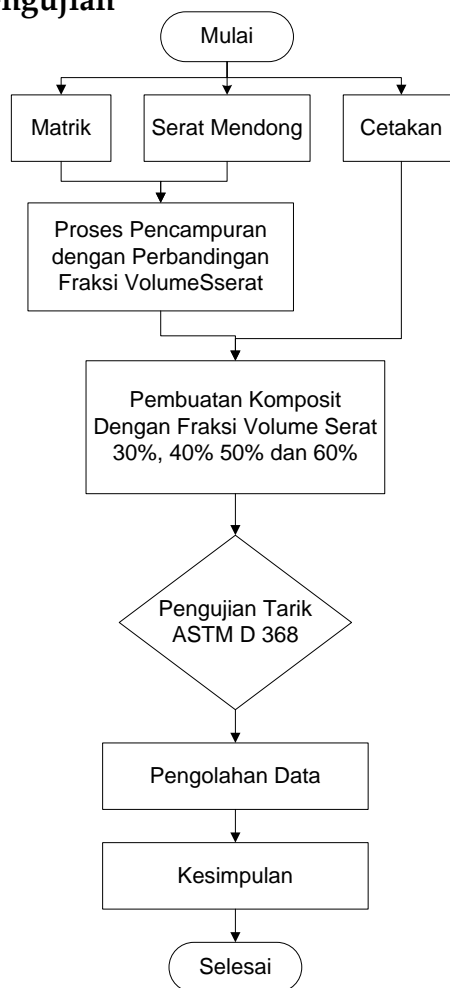
Setelah pembuatan spesimen uji selesai dilakukan, dapat dilaksanakan proses pengujian spesimen. Pengujian yang dilakukan yaitu uji tarik. Pengujian tarik bertujuan untuk mendapatkan nilai load dan elongation yang berguna dalam

proses perhitungan kekuatan tarik komposit. Selain itu, pengujian Tarik bertujuan untuk mengetahui kegagalan makro yang terjadi pada spesimen. Pengujian menggunakan mesin uji seperti pada gambar.



Gambar 2. Mesin Pengujian Tarik

Diagram alir Proses Pengujian



Gambar 3. Diagram Alir Proses Penelitian

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil

Penelitian ini menggunakan komposit yang berserat alam yaitu serat mending. Spesimen uji yang dipersiapkan berjumlah 16 (enambelas) buah yang dibagi menjadi 4 (empat) fraksi volume serat. Dengan setiap fraksi volume serat berjumlah 4 (empat) buah specimen uji.

Fraksi volume serat yang pertama yaitu 70% matriks : 30% serat, fraksi volume serat yang kedua yaitu 60% matriks : 40% serat, fraksi volume ketiga yaitu 50% matriks : 50% serat dan fraksi volume serat yang keempat yaitu 40% matriks : 60% serat. Untuk lebih jelas dapat dilihat pada gambar 4.



Gambar 4. Spesimen Uji

Pengujian tarik dilakukan untuk mengetahui kemampuan dari komposit pada setiap fraksi volume serat. Patahan komposit yang terjadi yaitu jenis patahan LGM (*Lateral at Grip Middle*) atau patahan pada bagian tengah spesimen. Kondisi ini menunjukkan patahan yang terjadi sesuai yang diinginkan dan berarti load terdistribusi secara merata. Namun, ada beberapa spesimen yang mengalami patah tidak pada titik *load* atau bagian tengah spesimen uji diakibatkan adanya daerah yang kekurangan akan serat sebagai akibat dari distribusi serat yang kurang merata sehingga mengakibatkan tegangan dalam di daerah tersebut menjadi rendah. Maka, saat penarikan daerah tersebut yang lebih dahulu mengalami patah. Selain diakibatkan dari pencekaman (*holder*) spesimen pada mesin uji terlalu keras juga bias terjadi karena saat pengadukan resin dengan katalis kurang merata sehingga kekuatan komposit tersebut terpusat di satu titik.



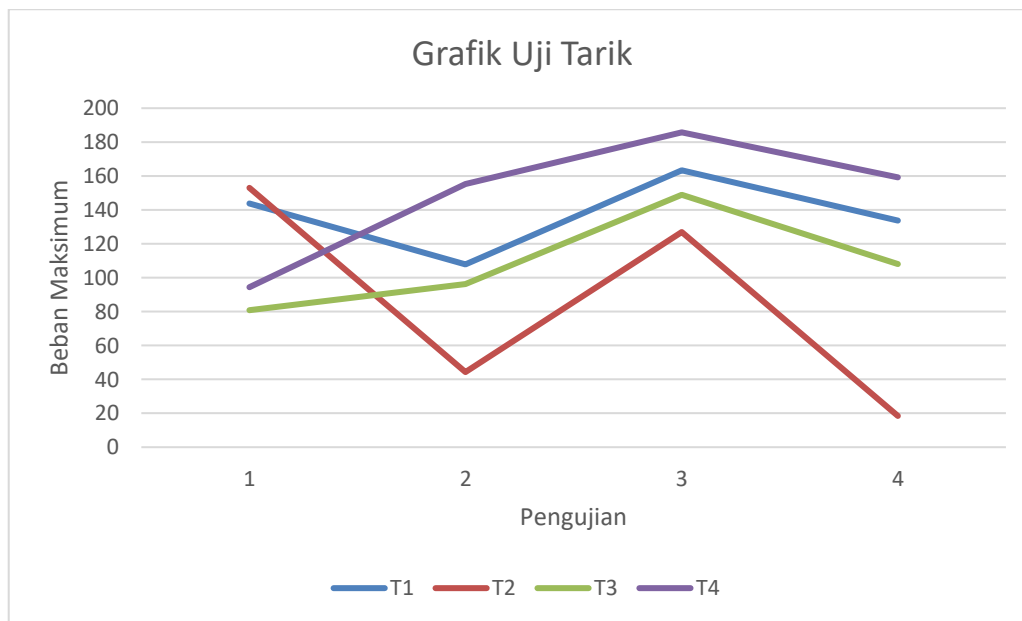
Gambar 5. Spesimen Hasil Uji Tarik

Pembahasan

Berikut adalah data kekuatan tarik yang diperoleh dalam pengujian setiap specimen. Hasil tersebut merupakan rata rata hasil uji Tarik setiap specimen berdasarkan fraksi volume nya.

Tabel 3. Hasil Uji Tarik dengan Beban Maksimum Rata-Rata Setiap Praksi Volume

No	Parameter	Pengujian	Kode Spesimen			
			30% (T1)	40% (T2)	50% (T3)	60% (T4)
1	Beban maksimum (kgf)	1	143.77	153.01	80.822	94.395
		2	107.84	44.239	69.286	155.24
		3	163.36	126.92	148.91	185.75
		4	133.76	81.432	108.10	159.14
Rata rata			137.18	101.40	101.78	148.63



Gambar 6. Grafik Uji Tarik Berdasarkan Beban Maksimum

Berdasarkan tabel hasil uji tarik dengan beban maksimum rata-rata setiap praksi volume dapat dilihat bahwa dengan meningkatnya harga fraksi volume serat dari 30% sampai 60% dengan matriks *epoxy* mengakibatkan tegangan tarik semakin meningkat. Hal ini menunjukkan bahwa semakin meningkatnya fraksi volume serat hingga batas 60% menunjukkan terjadinya mekanisme penguatan komposit, dimana jumlah serat semakin banyak maka kekuatan menahan bebanpun semakin tinggi.

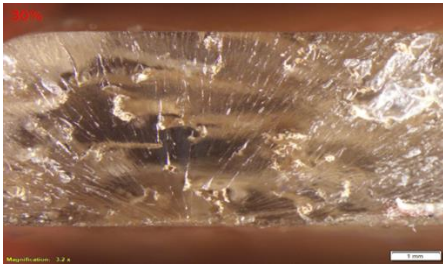
Dengan semakin baiknya ikatan antara serat dan matriks akan mengakibatkan penggeseran (slip) yang terjadi semakin kecil. Dengan semakin kecilnya penggeseran yang terjadi untuk setiap kenaikan fraksi volume serat menyebabkan regangan semakin menurun.

Adanya ikatan yang kuat antara serat dan matriks akan membuat bentuk patahan spesimen yang lebih rapi dan permukaan patah yang cenderung rata.

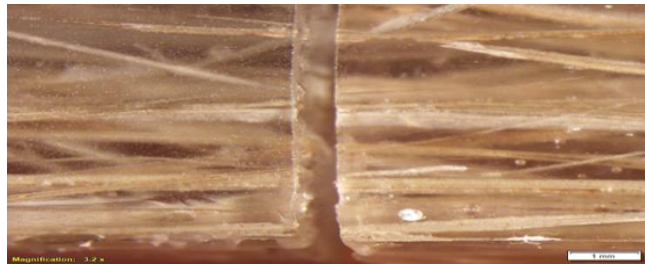
Data Pengamatan Makrografi

Pengamatan makrografi dilakukan pada 4 spesimen dengan fraksi volume serat 30%, 40%, 50% dan 60% dengan matriks *Epoxy*. Pengamatan Makrografi dilakukan pada tempat-tempat yang berbeda seperti, pada tempat patahan hasil pengujian, pada permukaan spesimen, dan pada penampang spesimen. Data pengamatan Makrografi yang disajikan dibawah ini adalah hasil pemotretan dengan masing- masing pembesaran 3,2 kali

Hasil Foto Makro fraksi volume serat 30% dengan matriks Epoxy dengan pembesaran 3,2 kali:



Gambar 7. Hasil Patahan Setelah Pengujian Tarik

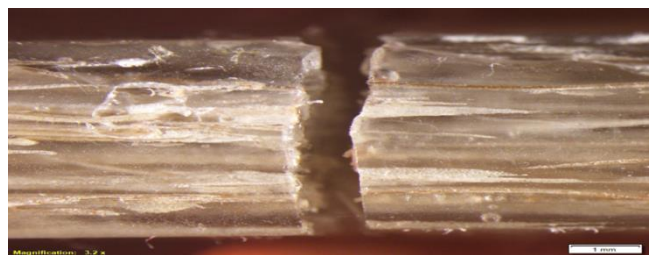


Gambar 8. Penampang Spesimen

Hasil Foto Makro fraksi volume serat 40% dengan matriks Epoxy dengan pembesaran 3,2 kali:



Gambar 9. Hasil Patahan Setelah Pengujian Tarik



Gambar 10. Penampang Spesimen

Hasil Foto Makro fraksi volume serat 50% dengan matriks Epoxy dengan pembesaran 3,2 kali:

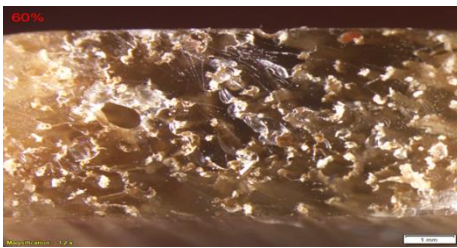


Gambar 11. Hasil Patahan Setelah Pengujian Tarik



Gambar 12. Penampang Spesimen

Hasil foto Makro fraksi volume serat 60% dengan matriks Epoxy dengan pembesaran 3,2 kali:



Gambar 13. Hasil Patahan Setelah Pengujian Tarik



Gambar 14. Penampang Spesimen

Dari hasil pemotretan yang disajikan dengan pembesaran 3,2 kali memperlihatkan struktur dan susunan serat spesimen dengan fraksi volume serat 30%, 40%, 50%, 60%, Berdasarkan photo makrografi pada hasil patahan dan pada penampang material dapat diketahui bahwa susunan maupun penempatan serat tidak tersusun secara rapih, dan hasil pemotretan pada permukaan terlihat bahwa susunan serat tiddak homogen dan orientasi arah serat tidak 100% pada arah 0° (searah).

Hal ini berkaitan erat dengan proses pembuatannya (metode *hand lay-up*), yaitu pada saat penyusunan serat tidak tersusun dengan rapih dan terjadinya void akibat udara yang terjebak didalam komposit. Menurut andi (2018) bahwa peningkatan fraksi volume serat akan mempengaruhi kekuatan mekanik, Demikian pula dengan void yang terjadi itu tergantung dari ikatan antara serat dan matriks, jika ikatan yang terjadi sempurna, maka void nya akan berkurang. Setelah melalui analisis pada data pengamatan makrografi menunjukkan bahwa besar dan jumlah serat persatuan luas disetiap tempat pada spesimen tidak sama. Perekatan yang kurang baik dapat disebabkan pada saat pembersihan serat mendong tidak benar-benar bersih sehingga masih terdapat kotoran yang menempel pada serat.

KESIMPULAN DAN REKOMENDASI

Setelah melakukan pengujian tarik dengan menggunakan metode variasi jumlah fraksi volume serat yang terdapat pada spesimen uji tarik yakni sebesar 30%, 40%, 50%, 60%. Dapat diperoleh kesimpulan sebagai berikut :

1. Pada material komposit serat mendong dengan arah serat horizontal dihasilkan kekuatan tarik maksimum ($\sigma_{u \text{ maks}}$) 148,63 kg/f
2. Pada variasi spesimen dengan fraksi serat sebesar 30% memiliki nilai luas penampang tertinggi diantara spesimen yang lain. Hal ini menandakan semakin banyak persentase yang digunakan maka akan menurunkan nilai elastisitas artinya semakin besar fraksi serat maka semakin getas dan padat yang menimbulkan kurangnya nilai elastisitas.
3. Beban maksimum yang memiliki nilai terbesar terdapat pada fraksi serat dengan persentase sebesar 60% yang artinya semakin banyak serat yang terkandung dalam fraksi komposit maka akan meningkatkan nilai kekuatan tarik. Hal ini disebabkan serat memiliki fungsi sebagai pondasi spesimen sehingga semakin besar persentasenya maka semakin besar pula beban maksimum yang bisa di dapat.
4. Pada saat pembuatan komposit dalam penyusunan serat secara lurus hendaknya dilakukan secara cepat agar komposit tercampur lebih homogen.

PENELITIAN LANJUTAN

Karena penelitian ini menggunakan orientasi serat sejajar maka untuk mengetahui harga modulus elastisitas lebih lanjut maka dapat dibuat material komposit serat mendong dengan orientasi sudut serat yang berbeda.

DAFTAR PUSTAKA

- Agarwal, B.D. ; Broutman, L.J. : Analysis and Performance of Fiber Composites, New York, John Wiley & Sons, 2010.
- Andi, Sri. Y. "Pengaruh Fraksi Volume Serat Terhadap Kekuatan Mekanik Komposit Serat Jerami Padi Epoxy dan Serat Jerami Padi Resin Yukalac 157", Jurnal Energi dan Manufaktur UNJ, 2018.
- Bryan Harris, "Engineering Composite materials", institut Derek Hull, "An Introducing To Composite Material. Cambridge University Solid State Science Series, 2011. "Kumpulan materi Training (Composite Tooling)", pendidikan dan Latihan Industri Pesawat Terbang Nusantara, 2013. e of Metal, England, 2012
- Fajri, rahmat iskandar. (2013). studi sifat mekanik komposit serat sansevieria cylindrica dengan variasifraksi volum bermatrix polyester. *Jurnal Fema*, 1(2), 85.
- Hadi B.K : Distribusi Tegangan Pada Pelat Komposite Berlubang dengan Beban Uniaksal, Tugas Sarjana Jurusan Mesin ITB,
- Jones, R. M. : " Mechanis of Composite Materials ". Washington D. C. McGraw-Hill Book Co. , 2010.
- Pamungkas, S. J. (2017). Analisa Teknis Kekuatan Mekanis Material Komposit Berpenguat Serat Tanaman Mendong (fimbrysrylis Globulosa) Ditinjau dari Kekuatan Bending dan impak. *Jurnal Teknik Perkapalan* , 2.
- Roziqin, K., Yudo, H., & Santosa, A. B. (2017). JURNAL TEKNIK PERKAPALAN. *Jurnal Teknik Perkapalan*, 5(2). <http://ejournal-s1.undip.ac.id/index.php/naval> Popov E.P (Zainul Astamar), "Mekanika Teknik (*Mechanics Of Materials*)", Ed. III (Versi SI), Penerbit Erlangga, Jakarta, 2014, Turnad L.G, ST. MT, "Catatan Kuliah Material Komposit"
- Sasmita, S. P. (2010). Pengaruh Fraksi Volume Serat Dengan Matriks Epoxy Pada Material Komposit Serat Daun Nanas. Bandung : Universitas Jendral Achmad Yani.
- Suryani, T. R. dan. (2010). Pembuat Polimer Komposit Ramah Lingkungan Untuk Aplikasi Industri Otomotif dan Elektronik. *Jurnal*, 1, 2-3.
- Saidah Andi, dkk. 2018. Pengaruh Fraksi Volume Serat Terhadap Kekuatan Mekanik Komposit Serat Jerami Padi Epoxy Dan Serat Jerami Padi Resin Yukalac 157. Jurnal Konversi Energi dan Manufaktur UNJ. Universitas 17 Agustus 1945 Jakarta. Jakarta.

Whitney, J.M.; dan Pipes, R.B.: Experimental Mechanics of Fiber Reinforced Composite Materials, The Society for Experimental Stress Analysis, SESA Monograph No.4, 2010

Zulmiardi, M. A. (2019) "Pengaruh Fraksi Volume Terhadap Kekuatan Komposit Polyester BQTN Type 157-EX yang diperkuat Serat Abaca" SNTI.